

**УДК 669.162.267.4**

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Показана актуальность применения в Украине технологии доменной плавки с использованием пылеугольного топлива, дано сравнение различных технологических схем его приготовления и вдувания в доменные печи с применением как отечественного, так и зарубежного оборудования.

**Ключевые слова:** черная металлургия, доменная плавка, пылеугольное топливо, ПУТ, природный газ, кокс, экономия, приготовление ПУТ и вдувание.

В конце XX века технология доменной плавки с применением пылеугольного топлива (ПУТ) доказала свою высокую эффективность и получила широкое распространение в металлургии чугуна. За 25–30 лет данная технология прошла путь от теоретических разработок и опытных плавок до массового промышленного внедрения более чем в тридцати развитых странах мира. В настоящее время большая часть чугуна выплавляется с расходом кокса ниже 400 кг/т чугуна, а на ряде доменных печей в Германии, Бельгии, Нидерландах, Японии, Китае среднегодовой расход кокса составляет 250–300 кг/т чугуна. При этом в доменном производстве прекращено использование природного газа, а расход ПУТ достигает 200 кг/т чугуна и выше.

В сложившихся энергетических и экономических условиях в Украине освоение процесса вдувания ПУТ в доменные печи является одной из первоочередных задач металлургических предприятий. В настоящее время реконструирована работающая с 1980 г. первая в Украине установка вдувания ПУТ в доменные печи на ЗАО «Донецксталь» – металлургический завод» (ЗАО «Донецксталь» – МЗ), пущена в эксплуатацию первая очередь установки вдувания ПУТ в доменные печи № 1 и № 5 на ОАО «Алчевский металлургический комбинат» (ОАО «АМК») [1–2]. На стадии завершения строительство установки вдувания ПУТ в доменные печи на ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ПАО «ММК им. Ильича»), ОАО «Запорожсталь».

Установка вдувания ПУТ в доменные печи на ЗАО «Донецксталь» – МЗ была реконструирована в 2003–2008 гг. с целью увеличения объема используемого ПУТ, модернизации оборудования и обеспечения надежной пожаровзрывобезопасной работы. За дли-

тельный период эксплуатации установки вдувания ПУТ специалистами ЗАО «Донецксталь» – МЗ с участием ученых Донецкого национального технического университета была усовершенствована технология доменного процесса, что позволило увеличить расход ПУТ до 160–200 кг/т чугуна.

ЗАО «Донецксталь» – МЗ имеет большой опыт использования различных марок углей для приготовления ПУТ. В период освоения технологии в 2002–2009 гг. использовалось ПУТ, приготовленное из углей и концентратов различных марок, а также их смесей. Одним из главных определяющих параметров при выборе сырьевой базы является коэффициент замены кокса углем ( $K_c$ ). Эффективность использования различных углей для приготовления ПУТ приведена в табл. 1.

Сравнительный анализ показывает, что наиболее перспективным вариантом сырья для производства ПУТ является смесь углей марок «Т» и «Г» или «АС» и «Г» в соотношении 1:1.

В действующих и строящихся в Украине установках по вдуванию ПУТ используются как отечественные, так и зарубежные технологии и оборудование. Полностью отечественной является установка ЗАО «Донецксталь» – МЗ, для которой разработка технологии, проектирование и освоение осуществлялись специалистами УкрГНТЦ «Энергосталь», института «ДонНИИчермет» и ПТП «Укрэнергочермет» с непосредственным участием специалистов завода. Зарубежные технологии и оборудование используются в установках на ОАО «АМК», ОАО «Запорожсталь» (базисный инжиниринг фирмы «Kuttner», Германия), ПАО «ММК им. Ильича» (базисный инжиниринг фирмы «Minmetals», Китай).

По конечному результату – качеству приготовленного ПУТ – все установки не уступают друг другу: ПУТ имеет



Таблица 1 – Эффективность использования различных углей для приготовления ПУТ

Марка угля	Достоинства	Недостатки	$K_3^*$
100 % «Т»	Наличие отработанной технологии, достигнут расход ПУТ до 140 кг/т чугуна. Высокий $K_3$ за счет относительно высокого содержания углерода	Более высокое содержание серы в готовом ПУТ по сравнению с углем «AC» и «Г», что увеличивает общий приход серы с шихтой в печь	0,9
100 % «А»	Высокий $K_3$ за счет высокого содержания углерода	Высокая абразивность ПУТ. Более низкая степень газификации в фурменных очагах по сравнению с углем «Т» и «Г»	0,95
100 % «Г»	Высокая степень газификации в фурменных очагах. В большей степени экономится природный газ по сравнению с другими марками углей	Необходимость дополнительных мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности при работе на углях с повышенным выходом летучих. Высокий выход летучих определяет низкий $K_3$	0,75
50 % «Т» + 50 % «Г»	Возможность исключить из состава дутья природный газ при использовании ПУТ в количестве 150–180 кг/т чугуна	Необходимость дозировки компонентов смеси	0,82
50 % «AC» + 50 % «Г»	Возможность исключить из состава дутья природный газ при использовании ПУТ в количестве 170–200 кг/т чугуна	Необходимость дозировки компонентов смеси	0,85

\* – рассчитаны при зольности углей не выше 10 % и содержании серы до 1 %. При возрастании содержания в угле золы и серы коэффициенты замены снижаются

примерно равную тонину помола (80–90 мкм) и влажность (1,0–1,3 %). Все установки рассчитаны на вдувание ПУТ в количестве до 200 кг/т чугуна, однако удельный расход ПУТ зависит от качества металлошахты и кокса, а также технологических условий работы доменных печей (обогащение дутья кислородом, температура дутья и др.).

Установки по приготовлению и вдуванию ПУТ в доменные печи включают: систему приема и складирования угля, конвейерную систему подачи угля со склада к размольной установке, бункера исходного угля, мельницу с циркуляционным контуром для газа и фильтром, бункера для измельченного и подсущенного угля, пневмотранспорт и установки для вдувания ПУТ с трубопроводами и распределителем перед доменной печью.

Объекты по приему и складированию угля привязаны к существующим объектам доменного цеха, в основном идентичны и, как правило, проектируются с использованием отечественного оборудования.

Схемы приготовления ПУТ для всех установок принципиально одинаковы, незначительно различаются только конструкции устанавливаемого оборудования. Агрегат для помола и сушки угля на отечественной установке – барабанная шаровая мельница, на установках зарубежных фирм – валково-тарельчатые мельницы, которые имеют ряд преимуществ перед шаровыми:

- невысокие эксплуатационные затраты за счет меньшего потребления электроэнергии и незначительная потребность в изнашивающихся частях и материалах вследствие малого удельного износа; экономия общих затрат составляет примерно 7–10 %;
- высокая надежность в отношении предотвращения тлеющих возгораний и вспышек в мельнице, так как

в ней нет скоплений угля и размольная камера легко опустошается;

- не требуется установка сепаратора с линиями возврата крупных частиц на домалывание, так как сепаратор встроен в корпус мельницы;
- отсутствие необходимости в нисходящей предварительной сушке угля.

Однако следует отметить, что при эксплуатации валково-тарельчатых мельниц возрастают требования к качеству размалываемых углей по гранулометрическому составу – в исходном угле должно быть минимальное содержание крупных фракций (более 80 мм) и мелких пылевидных (менее 6 мм). Это имеет большое значение для отечественных металлургических предприятий с далеко не совершенной сырьевой угольной базой.

Учитывая отсутствие в Украине качественных углей для вдувания в доменные печи, следовало бы рассмотреть вопрос использования существующих и неработающих установок по обогащению углей, что значительно улучшило бы эффект от вдувания ПУТ.

В установках зарубежных фирм оборудование по вдуванию ПУТ в доменные печи размещено в одном здании с узлом его приготовления, далее угольная пыль пневмотранспортом по одному или двум магистральным пылепроводам подается к расположенному возле доменной печи статическому распределителю потока по фурмам.

Особенностью зарубежного оборудования также является и транспортирование ПУТ с низкой скоростью (2–4 м/с) в плотном слое с концентрацией 40–60 кг угольной пыли на 1 кг транспортирующего газа. При этом, по данным фирмы «Kuttnner», срок службы пылепроводов,

распределительных устройств и форсунок может составлять более 20 лет. Применение таких систем требует наличия транспортирующего газа высокого давления 1,6–1,7 МПа. В качестве транспортирующего агента с целью обеспечения пожаровзрывобезопасности используется осушенный азот чистотой не ниже 96 %.

На предприятиях, имеющих современные кислородные блоки, обеспечивающие подачу азота требуемых параметров, целесообразно применять систему плотного слоя. На предприятиях, где в комплекс строительства ПУТ необходимо включать и объекты по получению осушенного азота высокого давления, применение системы плотного слоя нецелесообразно из-за возрастающих капитальных затрат на строительство.

На отечественной установке ЗАО «Донецксталь» – МЗ транспортирование ПУТ осуществляется со скоростью 12–18 м/с, соотношение «газ – твердое вещество» составляет 5–15 кг угля на 1 кг азота (давлением 0,6 МПа).

Отличительной особенностью установки фирмы «Kuttner» является использование для сушки угля дымовых газов, отходящих от воздухонагревателей доменных печей, что обеспечивает экономию природного газа на нагрев сушильного агента. Указанное мероприятие может быть внедрено на любой установке в зависимости от дальности расположения здания пылеприготовления от доменных печей. В системе фирмы «Kuttner» угольная пыль вдувается в доменную печь вместе с кислородом. Высокая концентрация кислорода вокруг вдуваемого пылевидного угля приводит к более быстрому его возгоранию и лучшему усвоению в печи.

Все рассматриваемые установки оборудованы АСУ ТП, работают в автоматическом режиме и обеспечивают ее пожаровзрывобезопасность.

Показатели работы доменных печей ЗАО «Донецксталь» – МЗ по расходу кокса, сокращению потребления природного газа и увеличению производительности печей достигались поэтапно и явились результатом целенаправленной работы специалистов завода по подбору оптимальных параметров доменной плавки и состава углей (рис. 1).

## ВЫВОДЫ

Опыт работы в Украине как отечественных, так и зарубежных установок по вдуванию ПУТ в доменные печи свидетельствует об их соответствии современному уровню развития доменного производства. Важным является то, что для строительства отечественных установок требуется значительно меньше капитальных затрат, чем для их зарубежных аналогов.

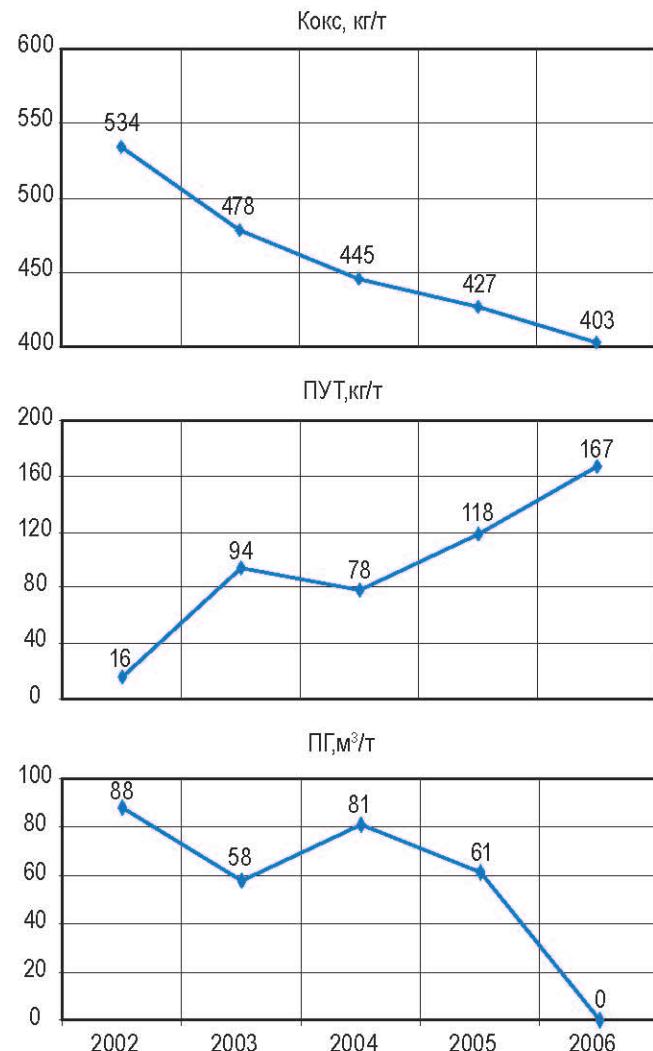


Рисунок 1 – Изменение расхода кокса, ПУТ и природного газа на ДП № 2 ЗАО «Донецксталь» – МЗ в процессе освоения установки в 2002–2006 гг.

Строительство установок по вдуванию ПУТ в доменные печи на металлургических предприятиях Украины позволит сократить производство дорогостоящего кокса и исключить потребление природного газа при производстве чугуна.

Реконструированная установка вдувания ПУТ в доменные печи ЗАО «Донецксталь» – МЗ по основным параметрам отвечает требованиям к современным установкам последнего поколения и может служить аналогом для реализации технологии вдувания ПУТ на других предприятиях отрасли.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыженков, А.Н. Пылеугольное топливо – безальтернативная перспектива доменного производства в Украине / А.Н. Рыженков, А.А. Минаев, С.Л. Ярошевский,



- Б.П. Крикунов, В.М. Замуруев, А.И. Дрейко // Сталь. – 2010. – № 10. – С. 7–13.
2. Шаповалова, Н.Г. Опыт проектирования, эксплуатации энергосберегающих установок приготовления и вдувания пылеугольного топлива в горн доменных печей / Н.Г. Шаповалова // Проблемы доменного производства

в современных экономических условиях работы горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов : III Международный конгресс по агло-коксодоменному производству, 4–8 октября 2010, Ялта. – Днепропетровск : Объединение производителей чугуна, 2010. – С. 119–125.

*Поступила в редакцию 15.04.2010*

Показано актуальність технології доменної плавки з використанням пиловугільного палива в умовах України. Надано порівняння різних технологічних схем приготування і вдування ПВП в доменні печі з використанням як вітчизняного, так і зарубіжного обладнання.

The urgency for Ukraine of blast-furnace smelting technology with using coal-dust fuel is shown. A comparison of different technological schemes of its preparing and injecting into blast furnaces with using both domestic and foreign equipment is given.